·论著·

收缩压昼夜变异率联合正常 RR 间期的标准差对冠心病诊断价值的临床研究

周启保[1]，罗潇[1，2*]，陈玲[1]，曹俊达[1]，李菊香[2]，徐劲松[2]，苏海[2]

1.332000 江西省九江市，九江市第一人民医院心血管内科
2.330000 江西省南昌市，南昌大学第二附属医院心血管内科
*通信作者：罗潇，主治医师；Email：luoxiaoyis120@163.com

【摘要】 **背景** 目前确诊冠心病的主要方法为冠状动脉增强 CT 以及冠状动脉造影检查，其中冠状动脉增强 CT 检查由于准确性欠佳、部分患者由于心率过快不能进行导致其临床应用受限，而作为“金标准”的冠状动脉造影检查由于其有创性、在基层医疗单位难以大范围普及同样使其推广受阻。如何运用一些简单易得的指标参与冠心病的诊断尤为重要，本研究将就收缩压昼夜变异率、正常 RR 间期的标准差（NN standard deviation，SDNN）二者联合使用对冠心病的诊断价值进行探索，以期提出一种简便实用的新型预测方法。**目的** 探索收缩压昼夜变异率联合 SDNN 对冠心病的诊断预测价值，以期为评估预测冠心病诊断提供无创方法学参考。**方法** 选取 2018 年 1 月至 2022 年 12 月就诊于我院的 246 例通过冠状动脉造影检查明确诊断为冠心病且在行冠状动脉造影检查前具有动态心电图检查结果以及病房内昼夜血压监测记录的患者作为研究对象，比较冠心病与非冠心病两组对象的一般基线资料；将冠心病诊断与否作为观察终点，分析纳入观察的各项参数与终点事件的相关性并探索可能与终点事件相关的影响因素；进而就收缩压昼夜变异率这一指标联合 SDNN 的疾病诊断预测价值进行分析。**结果** 冠心病组与非冠心病组基线资料的比较结果显示年龄、SDNN、收缩压昼夜变异率之间的差异具有统计学意义（$P<0.05$）。相关性分析结果显示年龄和收缩压昼夜变异率与冠心病诊断呈正相关，LVD 和 SDNN 与冠心病诊断呈负相关。二元 Logistic 回归分析显示年龄、LVD、EDV、CO、SDNN、收缩压昼夜变异率是冠心病诊断的影响因素。SDNN 诊断冠心病的 AUC 为 0.690（95%*CI*：0.620，0.760），灵敏度和特异度分别为 0.753 和 0.615，对应的最佳截断值为 128.5。收缩压昼夜变异率诊断冠心病的 AUC 为 0.908（95%*CI*：0.869，0.948），灵敏度和特异度分别为 0.847 和 0.896，对应的最佳截断值为 14.61%。收缩压昼夜变异率联合 SDNN 诊断冠心病的 AUC 为 0.914（95%*CI*：0.875，0.953），灵敏度和特异度分别为 0.827 和 0.917，对应的最佳截断值为 0.721。**结论** 收缩压昼夜变异率联合 SDNN 对于冠心病的预测诊断具有较好的临床应用价值。

【关键词】 收缩压昼夜变异率；RR 间期标准差；冠心病；诊断价值

【中图分类号】 R 544 【文献标识码】 A DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0622

Clinical Study on the Diagnostic Value of Circadian Variability of Systolic Blood Pressure Combined with SDNN in Coronary Heart Disease

ZHOU Qibao[1]，LUO Xiao[1，2*]，CHEN Ling[1]，CAO Junda[1]，LI Juxiang[2]，XU Jinsong[2]，SU Hai[2]

1.Department of cardiovascular medicine，JiuJiang NO.1 People’s Hospital，JiuJiang 332000，China

2.Department of cardiovascular medicine，The Second Affiliated Hospital of Nanchang University，NanChang 330000，China

Corresponding author：Luo Xiao，Attending physician；E-mail：luoxiaoyis120@163.com

【Abstract】 **Background** At present，the main methods for diagnosing coronary heart disease are coronary contrast-enhanced computed tomography and angiography，of which coronary contrast-enhanced computed tomography is limited in clinical application due to its poor accuracy and some patients' inability to perform because of rapid heart rate. While coronary angiography，which is the "gold standard"，is also hampered in its promotion due to its invasive nature and the difficulty

基金项目：2021 年江西省九江市留学人员成果转化项目（JLCB20210501）；2021 年九江市科技计划项目（JJSKJJ-2021-ZDYF-14）

引用本文：周启保，罗潇，陈玲等 . 收缩压昼夜变异率联合正常 RR 间期的标准差对冠心病诊断价值的临床研究［J］. 中国全科医学，2023. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0622.［Epub ahead of print］.［www.chinagp.net］

ZHOU Q B，LUO X，CHEN L，et al. Clinical study on the diagnostic value of circadian variability of systolic blood pressure combined with SDNN in coronary heart disease［J］. Chinese General Practice，2023.［Epub ahead of print］.

in popularizing in primary care institutions. It is particularly important to use some simple and easily accessible indicators to participate in the diagnosis of coronary heart disease. This study explores the diagnostic value of circadian variability of systolic blood pressure combined with SDNN in coronary heart disease, with the aim of proposing a simple and practical new predictive method. **Objective** To explore the diagnostic and predictive value of circadian variability of systolic blood pressure combined with SDNN for coronary heart disease, in order to provide non-invasive methodological reference for evaluating and predicting the diagnosis of coronary heart disease. **Methods** From January 2018 to December 2022, 246 patients who were definitely diagnosed as coronary heart disease by coronary angiography and had Holter monitor examination results and blood pressure monitoring records before coronary angiography were selected as the research objects, and the general baseline data of coronary heart disease and non coronary heart disease were compared. Using the diagnosis of coronary heart disease as the observation endpoint, the correlation between various parameters included in the observation and endpoint events was analyzed, as well as the possible influencing factors related to endpoint events. The predictive value of circadian variability of systolic blood pressure combined with SDNN for the diagnosis of disease was further analyzed. **Results** The baseline data comparison between the coronary heart disease group and non coronary heart disease group showed statistically significant differences in age, SDNN, and circadian variability of systolic blood pressure (P<0.05). Correlation analysis showed that age and circadian variability of systolic blood pressure were positively correlated with the diagnosis of coronary heart disease, LVD and SDNN were negatively correlated with the diagnosis of coronary heart disease. Binary Logistic regression analysis showed that age, LVD, EDV, CO, SDNN, and circadian variability of systolic blood pressure were influential factors in the diagnosis of coronary heart disease. The AUC of SDNN for diagnosing coronary heart disease was 0.690 (95%*CI*: 0.620, 0.760), with sensitivity and specificity of 0.753 and 0.615, the corresponding optimal cutoff value was 128.5. The AUC of circadian variability of systolic blood pressure for diagnosing coronary heart disease was 0.908 (95%*CI*: 0.869, 0.948), with sensitivity and specificity of 0.847 and 0.896, and the corresponding optimal cutoff value was 14.61%. The AUC of circadian variability of systolic blood pressure combined with SDNN for diagnosing coronary heart disease was 0.914 (95%*CI*: 0.875, 0.953), with sensitivity and specificity of 0.827 and 0.917, and the corresponding optimal cutoff value was 0.721. **Conclusion** Circadian variability of systolic blood pressure combined with SDNN has good clinical application value in predicting and diagnosing coronary heart disease.

【Key words】 Circadian variability of systolic blood pressure; Standard deviation of normal to normal; Coronary disease; Diagnostic value

冠心病是导致心力衰竭、恶性心律失常等心脏不良事件的主要病因，同时也是导致医疗耗资巨大的常见心脏血管疾病之一，其发生发展往往伴随着血压和心率的显著波动，反之血压和心率的变化也常常能反应冠心病患者的病情进展[1-2]。现有的冠心病诊断方法主要为冠状动脉造影以及冠状动脉增强 CT 检查，但上述二者由于有创性、费用昂贵等原因难以大范围用于冠心病的普查和预测。近期有学者指出血压变异性以及心率变异性可能具有用于冠心病发病普查以及病情预测的潜在价值，部分学者特别指出昼夜间的收缩压变化与冠心病预测诊断之间的相关性[3-4]；但目前获得血压变异性以及心率变异性的方法主要来源于动态血压监测和动态心电图监测，上述方法同样难以作为普查手段在基层医疗单位大范围应用。因此，如何应用简单易得的病房内收缩压昼夜变异率进行冠心病诊断预测具有十分重要的临床意义。本团队结合既往研究数据发现收缩压昼夜变异率联合正常 RR 间期标准差（SDNN）对于冠心病的诊断具有较好的预判价值，本研究旨在探索收缩压昼夜变异率联合 SDNN 对冠心病的诊断及预测价值，以期为进一步完善血压管理在冠心病诊断方面提供方法学参考。

1 对象与方法

1.1 一般资料

根据病案首页的主诊断初步确定冠心病患者群体，继而根据病案号大小顺序每五份随机抽取一份作为初筛纳入病例，其后根据病案完整程度以及数据要求等内容确定最终入组的研究对象。本研究中选取 2018 年 1 月至 2022 年 12 月就诊于九江市第一人民医院的 246 例通过冠状动脉造影检查明确诊断为冠心病且在行冠状动脉造影检查前具有动态心电图检查结果以及病房内血压监测记录的患者作为研究对象，其中男 141 例，女 105 例；平均年龄（61.97 ± 1.18）岁。

纳入标准：（1）符合《稳定性冠心病基层诊疗指南（2020 年）》[5]中对于冠心病诊断的定义；（2）行冠状动脉造影检查前已完善动态心电图检测；（3）具有完整的住院期间病房内昼夜收缩压测量记录。排除标准：（1）恶性肿瘤、严重心功能不全、严重肝肾功能不全、出血风险分层为高危、血小板明显减少或增多、随访过程中有大血管手术等外科手术史；（2）急性冠脉综合征患者；（3）既往合并肺栓塞或静脉血栓；（4）

严重的精神障碍；（5）动态心电图及病房内昼夜收缩压监测数据缺失。

1.2　研究方法

（1）一般资料收集：通过住院病例、门诊系统、检验系统和电话随访等方法收集研究对象的年龄、性别、血脂指标（总胆固醇、三酰甘油、低密度脂蛋白胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇）、心脏彩超指标（左室舒张末期内径，左室射血分数，每搏输出量，左室舒张末期容积，每分输出量）、动态心电图指标（SDNN 心率变异性、平均 QT、平均 QTc）、冠状动脉造影结果等一般资料和相关实验室检查结果[6-7]。根据冠状动脉造影结果将所有研究对象分为冠心病组（159 例）和非冠心病组（87 例），比较两组对象的一般基线资料和实验室检查结果。

（2）收缩压昼夜变异率计算：收缩压昼夜变异率的计算方法为日间测量收缩压与夜间测量收缩压差值的绝对值与日间收缩压的比值百分比（收缩压昼夜变异率 = 收缩压昼夜差值的绝对值 / 日间收缩压 *100%），其中日间血压测量时间大约在 9:00，夜间血压测量时间大约在 21:00，用于本研究的血压数据均为行冠状动脉造影检查前一天的数据；采用血压值较高一侧的上臂部位测量血压。

1.3　统计学方法

采用 EXCEL 2007、SPSS 22.0、Graphpad Prism 8.0.1 等统计学软件对数据进行统计学分析，服从正态分布的计量资料以（$\bar{x} \pm s$）表示，组间比较使用 t 检验。服从偏态分布的计量资料以 M（P_{25}，P_{75}）表示，组间比较使用非参数 Mann-Whitney U 秩和检验。计数资料以频数、相对数、构成比表示，组间比较用 χ^2 检验。相关性分析使用 Pearson 秩相关分析。使用多因素 Logistic 回归分析探究冠心病诊断的相关影响因素因素。绘制 ROC 曲线评估不同方法对冠心病诊断的预测价值。以 $P<0.05$ 表示有统计学意义。

2　结果

2.1　冠心病患者与非冠心病患者的基线资料比较结果

冠心病组与非冠心病组之间的性别、TC、LDL、HDL、TG、LVD、LVEF、SV、EDV、CO、平均 QT、平均 QTc 比较，差异无统计学意义（$P>0.05$）；冠心病组年龄低于非冠心病组，SDNN 和血压昼夜变异率高于非冠心病组，差异有统计学意义（$P<0.05$），详见表 1。

2.2　冠心病诊断与各项参数的相关性分析

Pearson 相关性分析显示年龄（$r=0.213$，$P<0.003$）和收缩压昼夜变异率（$r=0.742$，$P<0.001$）与冠心病诊断呈正相关，LVD（$r=-0.141$，$P<0.048$）和 SDNN（$r=-0.520$，$P<0.001$）与冠心病诊断呈负相关。

2.3　冠心病诊断影响因素的二元 Logistic 回归分析

以年龄（赋值为实测值）、性别（赋值：男性 =1，女性 =0）、TC（赋值为实测值）、LDL（赋值为实测值）、HDL（赋值为实测值）、TG（赋值为实测值）、LVD（赋值为实测值）、LVEF（赋值为实测值）、SV（赋值为实测值）、EDV（赋值为实测值）、CO（赋值为实测值）、SDNN（赋值为实测值）、平均 QT（赋值为实测值）、平均 QTc（赋值为实测值）、收缩压昼夜变异率（赋值为实测值）为自变量，以是否确诊冠心病为因变量（赋值：冠心病 =1，无冠心病 =0），进行二元 Logistic 回归分析，结果显示年龄、LVD、EDV、CO、SDNN、收缩压昼夜变异率是冠心病诊断结果的影响因素（表 2）。

2.4　血压昼夜变异率联合 SDNN 对冠心病诊断的预测价值

SDNN 诊断冠心病的 AUC 为 0.690（95%CI：0.620，

表 1　冠心病患者与非冠心病患者的基线资料比较

Table 1　Comparison of baseline data between patients with and without coronary artery disease

组别	例数	年龄（岁）	性别（男 / 女）	血脂指标			
				TC（mmol/l）	LDL（mmol/l）	HDL（mmol/l）	TG（mmol/l）
冠心病组	159	59.09 ± 0.83	93/66	4.94 ± 0.40	2.65 ± 0.10	1.07 ± 0.03	2.26 ± 0.16
非冠心病组	87	62.16 ± 1.26	48/39	4.43 ± 0.12	2.46 ± 0.09	1.26 ± 0.08	1.92 ± 0.13
t（χ^2）值		4.343	0.253[a]	–1.223	–1.530	1.687	–1.554
P 值		<0.001	0.615	0.224	0.130	0.095	0.124

组别	心脏彩超指标					动态心电图			血压昼夜变异率（%）
	LVDD（mm）	LVEF（%）	SV（ml）	EDV（ml）	CO（L/min）	SDNN	平均 QT（ms）	平均 QTc（ms）	
冠心病组	48.67 ± 0.66	65.03 ± 0.82	68.61 ± 1.78	105.71 ± 2.94	4.90 ± 0.14	115.32 ± 3.67	389.51 ± 4.32	410.77 ± 3.73	19.06 ± 0.05
非冠心病组	47.24 ± 0.55	65.04 ± 0.84	73.88 ± 1.99	113.96 ± 3.73	5.18 ± 0.18	106.76 ± 3.52	392.72 ± 3.66	412.77 ± 3.27	9.98 ± 0.03
t（χ^2）值	–1.584	–0.009	–1.801	–1.643	–1.231	2.212	–0.575	–0.394	–14.620
P 值	0.117	0.993	0.075	0.104	0.222	0.030	0.567	0.695	<0.001

注：TC= 总胆固醇，LDL= 低密度脂蛋白胆固醇，HDL= 高密度脂蛋白胆固醇，TG= 三酰甘油，LVDD= 左室舒张末期内径，LVEF= 左室射血分数，SV= 每搏输出量，EDV= 左室舒张末期容积，CO= 每分输出量，SDNN= 间期标准差；[a] 为 χ^2 值。



0.760），灵敏度和特异度分别为 0.753 和 0.615，约登指数为 0.368，对应的最佳截断值为 128.5。收缩压昼夜变异率诊断冠心病的 AUC 为 0.908（95%*CI*：0.869，0.948），灵敏度和特异度分别为 0.847 和 0.896，约登指数为 0.743，对应的最佳截断值为 14.61%。收缩压昼夜变异率联合 SDNN 诊断冠心病的 AUC 为 0.914（95%*CI*：0.875，0.953），灵敏度和特异度分别为 0.827 和 0.917，约登指数为 0.744，对应的最佳截断值为 0.721（图 1）。

表 2 冠心病诊断影响因素的二元 Logistic 回归分析
Table 2 Binary Logistic regression analysis of the influencing factors of coronary heart disease diagnosis

因素	*B*	*SE*	Wals χ^2	*P* 值	*OR*（95%*CI*）
年龄	0.072	0.028	0.778	0.009	1.075（1.018，1.135）
性别					
女性	-0.221	0.704	0.099	0.753	0.801（0.202，3.183）
TC	-0.902	0.662	1.855	0.173	0.406（0.111，1.486）
LDL	-0.559	0.560	0.996	0.318	0.572（0.191，1.714）
HDL	-0.077	0.671	0.013	0.908	0.926（0.249，3.449）
TG	0.038	0.658	0.003	0.954	1.039（0.286，3.771）
LVD	-4.342	1.460	8.842	0.003	0.013（0.001，0.228）
LVEF	0.817	0.730	1.254	0.263	2.264（0.542，9.464）
SV	0.520	0.630	0.683	0.409	1.683（0.490，5.782）
EDV	2.475	0.978	6.408	0.011	11.878（1.748，80.700）
CO	-1.436	0.724	3.932	0.047	0.238（0.057，0.983）
SDNN	-2.257	0.637	12.549	<0.001	0.105（0.030，0.365）
平均 QT	-1.189	0.661	3.239	0.072	0.304（0.083，1.112）
平均 QTc	-0.420	0.767	0.300	0.584	0.657（0.146，2.957）
血压昼夜变异率	5.612	0.859	42.667	<0.001	273.713（50.813，1474.413）

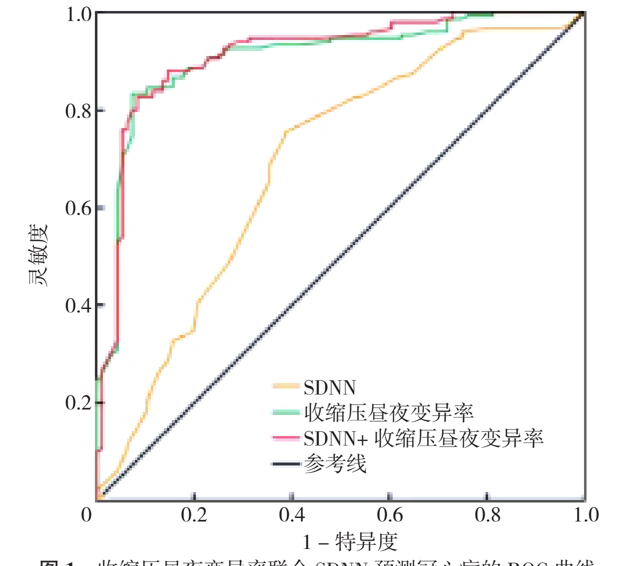


图 1 收缩压昼夜变异率联合 SDNN 预测冠心病的 ROC 曲线
Figure 1 ROC curve of circadian variability of systolic blood pressure combined with SDNN for prediction of coronary heart disease

3 讨论

3.1 目前冠心病诊断及病情预测的方法

现有冠心病确诊的手段主要为造影或增强 CT 检查，二者由于操作的有创性以及检查费用昂贵难以大范围推广作为普查或筛查手段。既往多项研究提示年龄、血压变异率、家庭自测血压、动态血压监测、心率变异性、BNP、LVD 等指标可以参与冠心病诊断的预测[8-11]，本研究的数据显示年龄、LVD、SDNN 与冠心病的诊断存在相关性且是疾病预测诊断的影响因素，该部分结论与上述研究结论一致。KIRSCH 等[12]和 HU 等[13]的研究也指出 CO、EDV 等反应心脏容积的指标与心脏功能存在相关性，但 DUDAREV 等[14]则指出 EDV 由于不能反应心脏的平均运作能力、具有瞬时性的误差，因此不建议作为反应心脏泵功能的参数。本研究与上述相关研究的部分结论一致，但关于 EDV 的数据与相关研究存在不同结论，综合考虑可能与纳入的研究对象群体以及终点观察时间相关。而关于 SDNN 和血压昼夜节律变化的研究内容与 BRIDGES[6]和 ROTKOPF 等[11]的研究结论基本一致，诸多研究均显示 SDNN 以及血压昼夜节律变异率与冠心病的预测诊断即病情预判具有良好的相关性[15-17]。基于动态血压数据相对较难获得、大多数基层医疗单位尚未开展该技术、相关检查费用较高、检查耗时相对较长等因素，本团队特提出了简化版的反应血压昼夜节律变化的新指标，即"收缩压昼夜变异率"，该指标计算方法简便、临床数据易得、患者群体接受度和认知度相对较高、医患交流依从性良好且能够较好地反应疾病病情变化，具有较好的临床应用价值和前景。SIBLE 等[18]和 NUGENT[19]等的研究结论指出收缩压昼夜变异率对于评估血管功能异常以及冠心病的病情发展变化预测价值较之于舒张压昼夜变异率具有更加良好的作用，且考虑如果同时计算收缩压与舒张压的昼夜变异率，究竟选用收缩压还是舒张压的昼夜变异率作为观察指标难以抉择，因此笔者团队在本研究中仅对收缩压的昼夜变异率进行了探索，关于舒张压的昼夜变异率也是后续研究的重要方向之一。

3.2 收缩压昼夜变异率的临床应用及其与冠心病的关系

目前诸多研究显示血压昼夜变异率与冠心病、心房颤动的预后存在显著相关性，WU 等[20]和 LUCCA 等[21]则指出收缩压昼夜变异率对冠心病血管病变程度预测具有一定的指导意义。本研究数据显示冠心病亚组的收缩压昼夜变异率相比于非冠心病组显著升高，该部分结论与 BANIASAD 等[22]的研究结论一致。血流动力学方面的研究显示当昼夜血压波动较为明显时，往往意味着血管内壁承受的剪切力和应力的大范围变化，这种

变化会对血管内环境造成短时的、巨大的冲击性改变，这种长时间的反复应力变化会导致血管内皮细胞的凋亡或死亡，当血管平滑肌细胞长时间处于上述内环境时会引起细胞的疤痕性增生进而导致血管弹性和顺应性的下降，最终导致心脏泵血功能的下降和舒张期血容量的变化[23-25]。当患者的心脏收缩期时限以及每搏输出量发生变化时，往往意味着心脏泵功能的变化；而心脏舒张期时的限则往往反应出冠状动脉血容量的改变，这种改变最终会引起冠状动脉血供不足、心力衰竭等并发症。综合考虑收缩压的变化较之于舒张压往往更为明显，老年患者群体常常也表现为单纯收缩压升高和波动，其舒张压往往变化不大甚至长时间处于偏低状态[26]，因此如何运用好收缩压的昼夜节律变化较之于舒张压具有更为明显的实际临床意义。

3.3 关于 SDNN 与收缩压昼夜变异率联合应用的临床思考

既往部分研究数据结果显示当 SDNN 降低时，患者的血压测量波动阳性事件发生率明显升高，在心房颤动患者群体中表现得尤为明显，究其原因可能与心脏自主神经系统的调节能力变化相关[17，27]；SANTOSDEARAUJO 等[28]指出 SDNN 下降的冠心病及心力衰竭患者群体的收缩压与舒张压差值较之于 SDNN 升高的群体显著升高。本研究数据显示冠心病与非冠心病组研究对象的 SDNN 均在 100 左右，二者之间的差异不具有统计学意义；在研究过程中笔者团队发现纳入的对象动态心电图报告中的 SDNN 罕有超出 300 的情况，这一点与 LANGGUTH 等[29]和 JAIN[30]等纳入的病例存在明显不同，究其原因到底是真实情况如此抑或是不同仪器参考标准范围不同、报告方式和标准不一仍有待明确。笔者团队的研究显示 SDNN 与收缩压昼夜变异率二者的联合对于冠心病的诊断预测较之于单用 SDNN 或单用收缩压昼夜变异率均具有更好的预测价值，本研究数据再次验证了收缩压昼夜变异率与冠心病的密切关系，同时在收缩压昼夜变异率的基础上联合使用 SDNN 将进一步提升其预测冠心病的诊断价值；且该方法有望进一步参与到冠心病无创诊断预测模型的方案建立和管理当中，收缩压昼夜变异率这一指标也值得在临床管理工作中进行新作用的发掘和疾病预测效果的反复验证。本研究的局限性在于未对舒张压与冠心病的诊断预测价值进行相关探讨，同时纳入的观察指标仍然相对偏少，这也是团队后续的努力方向。

作者贡献：周启保、罗潇进行文章的构思与设计以及数据的统计和说明；陈玲、曹俊达、李菊香、徐劲松、苏海进行文献和资料的收集与整理；罗潇、李菊香进行文章的修订；罗潇负责文章的质量控制和审校，并对文章整体负责、监督管理。

本文无利益冲突。

参考文献

[1] KABOOTARI M，TAMEHRI ZADEH S S，HASHEMINIA M，et al. Change in blood pressure status defined by 2017 ACC/AHA hypertension guideline and risk of cardiovascular disease: results of over a decade of follow-up of the Iranian population [J]. Front Cardiovasc Med，2023，10：1044638. DOI：10.3389/fcvm.2023.1044638.

[2] 中国高血压防治指南修订委员会，高血压联盟，中华医学会心血管病学分会中国医师协会高血压专业委员会，等. 中国高血压防治指南（2018 年修订版）[J]. 中国心血管杂志，2019，24（1）：24-56. DOI：10.3969/j.issn.1007-5410.2019.01.002.

[3] BROCKMANN L，HUNT K J. Heart rate variability changes with respect to time and exercise intensity during heart-rate-controlled steady-state treadmill running [J]. Sci Rep，2023，13：8515. DOI：10.1038/s41598-023-35717-0.

[4] 崔金秋，罗潇，陈玲，等. 血小板分布宽度联合正常 RR 间期标准差对心房颤动患者血压测量波动性的预测价值[J]. 吉林医学，2023，44(3): 603-608. DOI: 10.3969/j.issn.1004-0412.2023.03.009.

[5] 中华医学会，中华医学会杂志社，中华医学会全科医学分会，编辑委员会中华医学会中华全科医师杂志，& 心血管系统疾病基层诊疗指南编写专家组.（2021）. 稳定性冠心病基层诊疗指南（2020 年）. [Guideline for primary care of stable coronary artery disease（2020）]. 中华全科医师杂志，20（3），265-273. doi:10.3760/cma.j.cn114798-20210120-00079.

[6] BRIDGES J，SHISHAVAN H H，SALMON A，et al. Exploring the potential of pulse transit time as a biomarker for sleep efficiency through a comparison analysis with heart rate and heart rate variability [J]. Sensors（Basel），2023，23（11）：5112. DOI：10.3390/s23115112.

[7] XU R Z，LI J J，LI G H，et al. SDNN: Symmetric deep neural networks with lateral connections for recommender systems [J]. Inf Sci Int J，2022，595(C): 217-230. DOI: 10.1016/j.ins.2022.02.050.

[8] GIST K M，MENON S. Adherence to hypertension guidelines in children—what is all the hype?[J]. JAMA Netw Open，2023，6(4): e237002. DOI：10.1001/jamanetworkopen.2023.7002.

[9] VILLAGRASA-FLORES A A，VEGA-COLÓN J D，CINTRÓN-ROSA F，et al. The effect of visit-to-visit blood pressure variability on renal function in geriatric chronic kidney disease [J]. P R Health Sci J，2023，42（2）：127-131.

[10] 苏海，李雪，汤松涛. 家庭血压监测和动态血压监测应用中值得思考的问题 [J]. 中华高血压杂志，2022，30（6）：501-502. DOI：10.16439/j.issn.1673-7245.2022.06.001.

[11] ROTKOPF L T，FROELICH M F，RIFFEL P，et al. Influence of heart rate and heart rate variability on the feasibility of ultra-fast，high-pitch coronary photon-counting computed tomography angiography [J]. Int J Cardiovasc Imaging，2023，39（5）：1065-1073. DOI：10.1007/s10554-023-02808-y.

[12] KIRSCH M，VITIELLO D，TRASCHEL L D，et al. Cardiac hemodynamics and individual responses to exercise training in patients with coronary heart disease [J]. Arch Cardiovasc Dis

Suppl，2023，15（2）：188–189. DOI：10.1016/j.acvdsp.2023.03.023.

[13] HU J J，BONNICHSEN C R，DEARANI J A，et al. Adults with tetralogy of fallot: early postoperative outcomes and risk factors for complications［J］. Mayo Clin Proc，2021，96（9）：2398–2406. DOI：10.1016/j.mayocp.2021.01.032.

[14] DUDAREV V，BARRAL O，ZHANG C X，et al. On the reliability of wearable technology: a tutorial on measuring heart rate and heart rate variability in the wild［J］. Sensors（Basel），2023，23（13）：5863. DOI：10.3390/s23135863.

[15] YAN K Q，WU Q S，YANG J. Blood pressure variability may be a new predictor for the occurrence and prognosis of ischemic stroke［J］. Chin Med Sci J，2019：2023060901. DOI：10.24920/004219.］

[16] FLORAS J. Correspondence concerning: 'cardiovagal baroreflex sensitivity， blood pressure and blood pressure variability'［J］. J Hypertens，2023，41（6）：1052. DOI：10.1097/HJH.0000000000003383.

[17] 童慧钰，苏海. 心房颤动患者动态血压监测的 24 h 脉率是否可以用于心率的评估？［J］. 中华高血压杂志，2023，31（1）：10–12. DOI：10.16439/j.issn.1673–7245.2023.01.005.

[18] SIBLE I J，Nation D A. Blood pressure variability and cerebral perfusion decline: a post hoc analysis of the SPRINT MIND trial［J］. Journal of the American Heart Association，2023，12（12）：e029797. DOI：10.1161/JAHA.123.029797.

[19] NUGENT J T，GHAZI L，YAMAMOTO Y，et al. Hypertension，blood pressure variability， and acute kidney injury in hospitalized children［J］. J Am Heart Assoc，2023，12（9）：e029059. DOI: 10.1161/JAHA.122.029059.

[20] WU Z Y，ZHANG H P，WANG Y T，et al. Temporal and bidirectional association between blood pressure variability and arterial stiffness: cross–lagged cohort study［J］. JMIR Public Health Surveill，2023，9：e45324. DOI: 10.2196/45324.

[21] LUCCA M B，JORGE J A，CICHELERO F T，et al. Effects of chlorthalidone plus amiloride compared with amlodipine on short–term blood pressure variability in individuals with hypertension and obstructive sleep apnea: a randomized controlled trial［J］. Blood Press Monit，2023，28（6）：289–294. DOI：10.1097/MBP.0000000000000663.

[22] BANIASAD A，MOKHTARI A A，NAJAFZADEH M J，et al. The relationship between vitamin D and short–term blood pressure variability［J］. Blood Press Monit，2023，28（4）：193–198. DOI：10.1097/MBP.0000000000000652.

[23] LIU L B，ZHAO W C，CHEN L Q. Comparison of antihypertensive drugs amlodipine and perindopril on blood pressure variability after long–term treatment of hypertension induced by apatinib and bevacizumab［J］. Chin J Physiol，2023，66（3）：137. DOI：10.4103/cjop.cjop–d–22–00158.

[24] GUTTERIDGE D S，SEGAL A，MCNEIL J J，et al. The relationship between long–term blood pressure variability and cortical thickness in older adults［J］. Neurobiol Aging，2023，129：157–167. DOI：10.1016/j.neurobiolaging.2023.05.011.

[25] SCHMALENBERGER K. Menstrual cycle， heart rate variability（HRV）， and mood: is cyclicity of HRV associated with cyclicity of mood symptoms?［J］. Psychoneuroendocrinology，2023，153：106244. DOI：10.1016/j.psyneuen.2023.106244.

[26] KAZE A D，YUYUN M F，FONAROW G C，et al. Blood pressure variability and risk of atrial fibrillation in adults with type 2 diabetes［J］. JACC Adv，2023，2（4）：100382. DOI：10.1016/j.jacadv.2023.100382.

[27] Yang E，Tang O. Exploring the impact of blood pressure variability on incident atrial fibrillation in type 2 diabetes［J］. JACC：Advances，2023，2（4）.

[28] SANTOS-DE-ARAÚJO A D，SHIDA–MARINHO R，PONTES–SILVA A. Heart rate variability（HRV）: checklist for observational and experimental studies［J］. Autoimmun Rev，2022，21（11）：103190. DOI：10.1016/j.autrev.2022.103190.

[29] LANGGUTH P，WOLF C，SEDAGHAT S，et al. Correction to: clinical value of using heart rate variability biofeedback before elective CT coronary angiography to reduce heart rate and the need for BetaBlockers［J］. Appl Psychophysiol Biofeedback，2023，48（4）：403. DOI：10.1007/s10484–023–09596–0.

[30] JAIN N，LEHRER H M，CHIN B N，et al. Heart rate and heart rate variability following sleep deprivation in retired night shift workers and retired day workers［J］. Psychophysiology， 2023，60（12）：e14374. DOI：10.1111/psyp.14374.

（收稿日期：2023–11–16；修回日期：2023–11–21）
（本文编辑：曹新阳）